

7. а) Рассчитайте намагниченность газа свободных электронов при низкой температуре, используя модель коллективизированных электронов Стоунера с заданной концентрацией электронов n и обменной энергией V .

б) Для каких значений параметров нет спонтанной намагниченности при $T = 0$; для каких значений $M(0)$ меньше намагниченности насыщения?

К главе VIII ч. II

1. Используйте приближение деформационного потенциала для расчета времени релаксации $\tau(E)$ в случае взаимодействия между электронами и LA -фононами в невырожденном полупроводнике с параболической зоной проводимости. Как велик показатель степени r в $\tau(E) = \tau_0 E^r$?

2. Найдите каноническое преобразование, которое исключает координаты электрона из гамильтониана (ч. II. 50.6). Это преобразование — первый шаг к улучшенной теории большого полярона (метод Ли — Лоу — Пайнса). Следующий шаг — дальнейшее преобразование гамильтониана с помощью унитарного оператора $U = \exp \left\{ \sum_q \left[a_q^\dagger f(q) - a_q f^*(q) \right] \right\}$. Функция $f(q)$ должна быть выбрана таким образом, чтобы ожидаемая величина $E = \langle 0 | H_{\text{trans}} | 0 \rangle$ стала экстремальной ($|0\rangle$ — основное состояние, нет фононов). Каков смысл второго преобразования? Что отличает результаты для малых q от (ч. II. 50.13)?

3. В анизотропном твердом теле общие соотношения между компонентами плотности тока и приложенными электрическим и магнитным полями есть

$$i_i = a_{ij} E_j + a_{ijk} E_j B_k + a_{ijkl} E_j B_k B_l + \dots$$

а) Какие компоненты тензоров a_{ij} , a_{ijk} , a_{ijkl} исчезают для кубической симметрии? Какие соотношения имеют место между оставшимися компонентами?

б) Каковы отклонения от изотропного случая для проводимости, коэффициента Холла и магнетосопротивления?

4. Рассмотрите невырожденный смешанный полупроводник. Электроны и дырки в нем одновременно принимают участие в явлениях переноса.

а) Используя приближение времени релаксации, вычислите коэффициенты переноса в (ч. II. 66.15) и из них — удельную электропроводность, термоэлектрическую силу, коэффициент Пельтье и удельную теплопроводность.

б) Почему коэффициент Пельтье имеет разный знак в полупроводниках n -типа и p -типа? При каких условиях коэффициент Пельтье исчезает в собственном полупроводнике ($n = p$)?

в) В добавление к электронному и дырочному компонентам выражение для удельной теплопроводности содержит добавочный член, который появляется только в случае смешанной проводимости. Каково физическое объяснение этого «амбиполярного» члена?

г) Используйте приближение времени релаксации для вычисления коэффициента в случае изотермического эффекта Нернста. Как следует интерпретировать результат? При каких обстоятельствах коэффициент Нернста меняет знак с изменением типа проводимости?

5. Определите из (ч. II. 57.1), как плотность электрического тока зависит от всех возможных «сил». В приближении времени релаксации каковы выражения для коэффициента диффузии (постоянная пропорциональности между i и ∇n) и коэффициента термодиффузии (постоянная пропорциональности между i и ∇T)? Градиент каких пространственно-зависящих величин может приводить к дополнительным вкладам в i ?

6. Соотношение между коэффициентом диффузии и подвижностью, указанное во многих учебниках, есть соотношение Эйнштейна $D_n = (k_B T) \mu_n$. Это соотношение, однако, имеет силу только для невырожденного электронного газа. Выведите общее соотношение. Как коэффициент диффузии зависит от концентрации электронов в случае сильного вырождения?